



## DATA EFEMERIK TELITI DARI INTERNET UNTUK PEMROSESAN JARAK BASIS

Catur Aries Rokhmana

### ABSTRACT

*Recently, the Precise Ephemeris (PE) data can be downloaded freely from internet at specific address. This paper is purposed to describe the implementation of precise ephemeris that obtained from internet for baseline processing. This research tries to process the baseline that it close to the second-order specification of The National Cadastral Control Point (NCCN), in which the baseline length is about ten kilometers.*

*The investigation shows the small differences, since the using PE data compared with the using Broadcast Ephemeris (BE). According to the second-order specification from the NCCN, therefore the differences between applying BE and PE is within the tolerable value. In other word, the using PE in baseline processing that it close to the second-order specification was not significantly increasing the precision of the baseline processing.*

### PENDAHULUAN

Di Indonesia saat ini, aplikasi teknologi *Global Positioning System* (GPS) untuk pengukuran posisi titik kontrol telah banyak digunakan. Salah satunya, Badan Pertanahan Nasional (BPN) telah menetapkan penggunaan teknologi GPS dalam mengukur Titik Kontrol Kadastral Nasional (TKKN) untuk kepentingan Pendaftaran Tanah. Sampai saat ini BPN telah menggunakan teknologi GPS untuk penentuan TKKN setingkat orde-dua dengan jarak antar titik rata-rata 10km.

Pada prakteknya, pemrosesan jarak basis dari data pengukuran tersebut sudah dilakukan dengan menggunakan data efemerik yang diperoleh langsung dari pengukuran yang dikenal dengan *Broadcast Ephemeris* (BE). Sebenarnya secara teori penggunaan data efemerik teliti yang dikenal dengan *Precise Ephemeris* (PE) akan dapat menambah kualitas ketelitian jarak basis, sebab unsur kesalahan orbit satelit pada data PE jauh lebih kecil dibanding data BE. Hanya saja data PE baru dapat diperoleh dalam 11 hari setelah hari pengukuran (Rothacher, 1996), disamping itu pada waktu lalu data PE hanya dapat diperoleh dengan permohonan khusus kepada pihak NGS (National Geodetic Survey) Amerika Serikat.

Perkembangan teknologi informasi, termasuk *internet* telah mendorong timbulnya situs-situs khusus yang menyediakan informasi tentang teknologi GPS yang dapat diakses secara bebas. Salah satu informasi yang tersedia adalah berkas data orbit/efemerik teliti satelit GPS yang bisa diambil (*download*) sesuai tanggal pengukuran. Data orbit teliti ini telah dihitung

dan disediakan oleh institusi internasional seperti *International GPS service for Geodynamics* (IGS) yang memiliki lebih dari 160 jaringan stasiun penjejak satelit di seluruh dunia (Seeber, 1993).

Penelitian ini melihat kemungkinan penggunaan secara praktis data-data orbit PE dari *internet* untuk digunakan pada pemrosesan jarak basis pendek setingkat orde-dua TKKN. Diharapkan penelitian akan memberikan gambaran apakah pemakaian data orbit PE dari Internet bermanfaat dan cukup praktis bagi peningkatan kualitas ketelitian jarak basis pendek setingkat orde-dua. Apabila penelitian memberikan hasil yang baik, maka data pekerjaan hitungan orde-dua dapat dilakukan kembali dengan menggunakan data PE guna menambah kualitas ketelitian jarak basis yang dihasilkannya.

### Manfaat Data Efemerik Teliti Satelit GPS

Perkembangan terakhir aplikasi teknologi GPS beberapa tahun terakhir menarik perhatian pada penggunaan data efemerik teliti, informasi koreksi jam satelit, dan masalah pemodelan efek atmosfer. Salah satu hasil penelitian di Indonesia yang pernah memanfaatkan data efemerik teliti telah dilakukan oleh Priambodo (1995), dalam menyelenggarakan jaring kontrol orde-satu dengan panjang jarak basis lebih besar 100km. Pemrosesan data dilakukan dengan software GPS ilmiah (*GAMIT*) dan data PE diperoleh dari pemesanan khusus (bukan dari *internet*). Hasil pemrosesan menunjukkan penggunaan data PE menghasilkan ketelitian sepuluh kali lebih baik dibandingkan penggunaan data BE.

<sup>\*)</sup> Sebagai staff pengajar di Jurusan Teknik Geodesi FT-UGM

Secara teoritik, kesalahan pada posisi satelit GPS akan berpengaruh/merambat pada kesalahan dalam penentuan jarak basis sesuai dengan suatu rumus umum berikut (Beutler, G., 1996; Goad, 1996)

$$\frac{db}{b} = \frac{dr}{r} \quad (1)$$

$db$  = kesalahan koordinat dari jarak basis;  
 $b$  = panjang jarak basis;  
 $dr$  = kesalahan orbit satelit;  
 $r$  = jarak rata-rata satelit-receiver (25000km).

Ada beberapa institusi internasional yang menyediakan data *PE* ini, dan setiap institusi tersebut mengoperasikan sejumlah stasiun penjejak satelit GPS yang berbeda jumlahnya, sehingga menyebabkan ketelitian data *PE* yang dihasilkan juga berbeda (Tabel 1).

Tabel 1. Beberapa tipe orbit satelit GPS (Rothacher, dkk, 1996)

Tipe Orbit	Kualitas (m)	Tersedia Setelah	Tersedia di (dapat diakses)
Broadcast	3.00	<i>real-time</i>	Navigation message dalam sinyal
CODE Predicted	0.2	<i>real-time</i>	Server CODE via FTP transfer
CODE Rapid orbit	0.1	16 jam	Server CODE via FTP Transfer
IGS Rapid orbit	0.1	24 jam	Server IGS Central Bureau
IGS Final orbit	0.05	11 hari	Server IGS ( <a href="http://igsb.jpl.nasa.gov">igsb.jpl.nasa.gov</a> )
NGS Precise	<i>n/a</i>	2 minggu	<a href="http://www.leipzig.ifag.de/english/">http://www.leipzig.ifag.de/english/</a>
NIMA Precise	<i>n/a</i>	<i>n/a</i>	<a href="ftp://164.214.2.59/pub/pedata/">ftp://164.214.2.59/pub/pedata/</a>

Keterangan :

IGS = International GPS service for Geodynamics;  
 CODE = Center of Orbit Determination for Europe;  
 NGS = National Geodetic Survey;  
 NIMA = National Imagery and Mapping Agency.  
 Informasi NGS dan NIMA diperoleh penulis dari sumber-sumber lain yang dapat diakses dari Internet.

Penelitian ini menggunakan data efemerik teliti dari IGS, dan untuk selanjutnya disebut IGS-orbit. Data IGS-orbit dapat diperoleh secara bebas melalui internet dan terdistribusi dalam format data SP3.

#### Format Data SP3

Data efemerik teliti yang dihasilkan oleh institusi internasional biasanya didistribusikan dalam suatu format baku yang telah disepakati bersama. Ada beberapa jenis format data yang dapat digunakan diantaranya format data SP3, SP1, RINEX, dll. Umumnya format data SP3 (*Standard Product # 3*) lebih sering digunakan. Apabila dilihat dari jenis informasi yang dimuat dalam berkas data efemerik teliti SP3, maka secara umum ada dua jenis yaitu berkas data yang memuat informasi posisi dan jam satelit, dan berkas data yang memuat informasi kecepatan dan perubahan jam (*clock rates-of-change*) satelit. Kedua jenis berkas data masing-masing ditandai dengan suatu huruf awal pada awal baris (*header file*) yaitu huruf "P" menandakan informasi posisi, dan huruf "V" menandakan kecepatan.

Aturan penamaan berkas data SP3 yang ada di internet adalah :

**Inst\_nomerGPSweek\_n.SP3,**

Inst = nama institusi penyedia, seperti IGS, NGS, atau COD  
 noGPSweek = menunjukkan nilai minggu GPS dan  
 n = menunjukkan hari (n=0 : Senin ... n=7 : Minggu).

Sebagai contoh nama file yang diambil untuk penelitian ini adalah untuk tanggal 24, 25, 26, dan 27 Desember 1997, nama berkas untuk IGS orbit menjadi IGS09302.SP3, IGS09303.SP3, IGS09304.SP3, dan seterusnya. Ukuran berkas IGS orbit rata-rata 205 Kb, tetapi didalam server IGS berkas tersebut telah dikompresi menjadi berkas berekstensi \*.ZIP, sehingga ukuran berkas menjadi lebih kecil dan akan lebih cepat untuk diambil melalui internet.

#### CARA PENELITIAN

Bahan utama dan material yang digunakan dalam penelitian ini dapat dijelaskan secara singkat sebagai berikut :

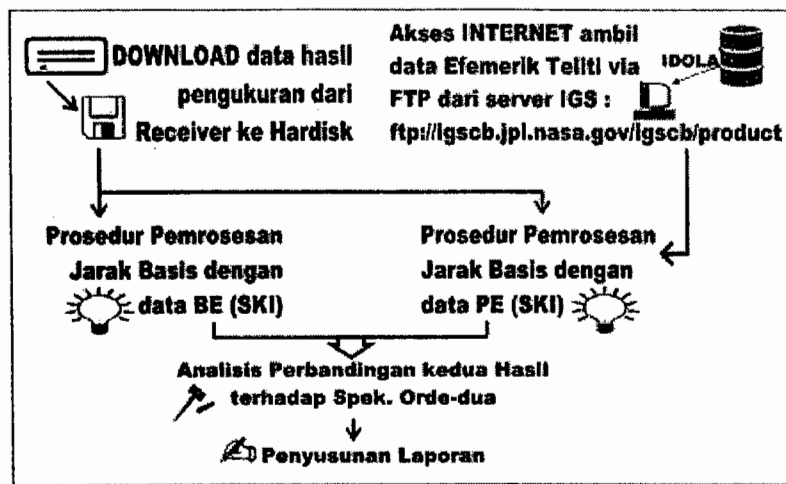
1. Data hasil pengamatan GPS metode statik relatif dengan receiver frekuensi tunggal. Data ini adalah setingkat dengan pengukuran jarak basis orde-dua di BPN yang memiliki jarak antar titik rata-rata puluhan kilometer;
2. Data efemerik teliti yang diperoleh melalui akses internet untuk tanggal-tanggal pengamatan yaitu pada tanggal 24, 25, 26, dan 27 Desember 1997 (empat berkas data). Data ini merupakan jenis data IGS-orbit yang diambil melalui fasilitas FTP (*File Transfer Protocol*) dalam internet yang beralamat di [igsb.jpl.nasa.gov](http://igsb.jpl.nasa.gov).

Peralatan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Tiga set *receiver* frekuensi tunggal merek Leica yang digunakan untuk proses pengambilan data (*downloading*).
2. *Software* SKI versi 2.0 buatan Leica yang digunakan untuk pemrosesan jarak basis dari data survei GPS frekuensi tunggal.
3. Eksternal modem dan fasilitas akses ke internet. Penelitian ini menggunakan modem dengan kecepatan 28.8 kbs (*Kilo Byte per Secon*). Sementara untuk dapat akses ke internet, penelitian ini menggunakan IDOLA sebagai *internet provider*.
4. *Software web browsing* seperti Netscape, dan *software FTP* seperti Cute FTP. Kedua *software* berguna untuk membantu akses dan menjelajah di Internet.

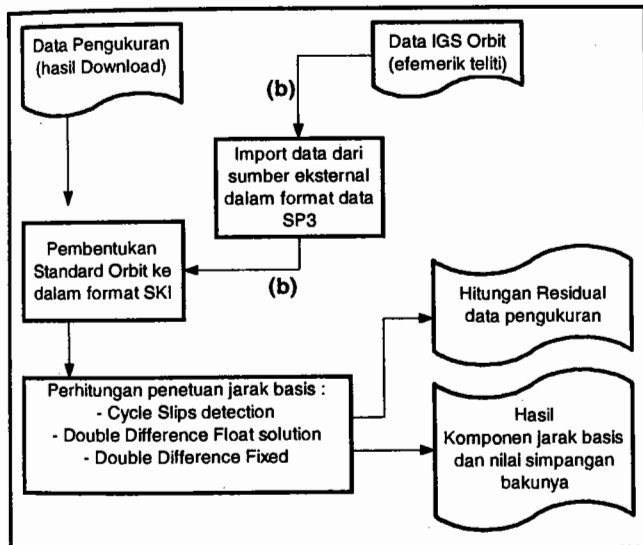
#### Prosedur Pelaksanaan

Secara umum pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir pelaksanaan penelitian

Pemrosesan data di dalam *software* SKI untuk menghasilkan jarak basis secara umum dapat dilihat dalam gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir pemrosesan jarak basis menggunakan SKI

Tahap (b) dalam gambar 2 merupakan langkah yang perlu dilakukan apabila pemrosesan dilakukan dengan data efemerik teliti, tahap tersebut dimaksud-

kan untuk membentuk data efemerik teliti menjadi dikenal oleh *software* SKI.

Analisis terhadap kualitas hasil pemrosesan penentuan posisi absolut atau *single point positioning* dilakukan dengan menghitung nilai simpangan baku dari koordinat yang dihasilkan. Sementara analisis terhadap kualitas ketelitian hasil pemrosesan jarak basis dilakukan dengan menghitung nilai simpangan baku untuk setiap komponen jarak basis ( $dx, dy, dz$  atau  $d\phi, d\lambda, dh$ ).

#### Hasil penentuan posisi absolut

Hasil penentuan posisi absolut secara teoritik menggunakan persamaan pengamatan *pseudorange*, dimana tingkat pengaruh kesalahan posisi satelit (efemerik satelit) akan lebih menonjol dibandingkan dalam penentuan posisi secara relatif.

Tabel 2 menunjukkan bahwa penggunaan data efemerik *PE* akan menambah ketelitian (presisi) dari posisi absolut yang dihasilkan. Hal ini ditunjukkan dengan adanya perubahan nilai simpangan baku untuk komponen posisi absolut yang menjadi lebih baik apabila proses menggunakan data efemerik teliti (*PE*). Sementara penggunaan data efemerik *PE* juga akan merubah nilai koordinat absolut yang dihasilkan sampai pada tingkat meter.

Tabel 2. Selisih koordinat dan simpangan baku hasil penentuan posisi absolut antara penggunaan data efemerik *BE-PE*.

Nama Titik	X	Y	Z	Selisih dalam meter					
				sX	sY	sZ	s.Lin	s.Buj	s.h
TTG1092	-0.2787	-1.1388	0.2192	0.0032	0.0048	0.0018	0.0017	0.0027	0.0051
GRV054	-1.062	-1.8968	0.0556	0.0013	0.0022	0.0008	0.0008	0.0011	0.0023

Keterangan : sX,sY,sZ,sLin,sBuj,sh = nilai simpangan baku masing-masing komponen  
X,Y,Z = komponen posisi dalam sistem kartesian 3D

Hasil pemrosesan jarak basis

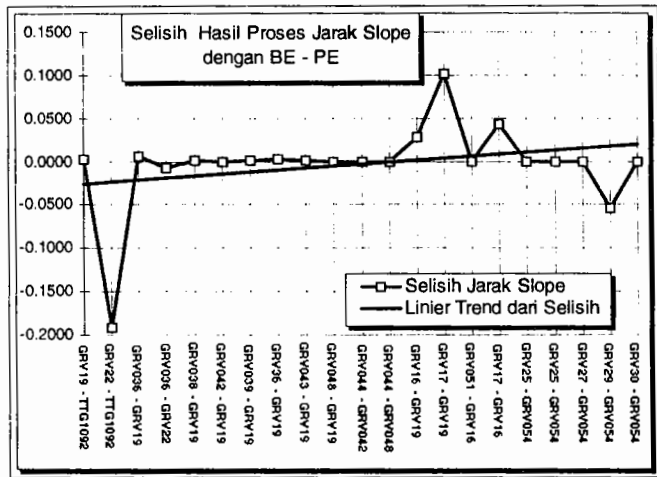
Secara teoritik pengaruh kesalahan efemerik satelit pada hasil proses jarak basis (posisi relatif) akan lebih kecil dibandingkan pengaruhnya pada penentuan posisi absolut.

Tabel 3. Selisih pada jarak *slope* akibat penggunaan data efemerik BE-PE.

	SELISIH	BE-PE	Selisih Dalam ppm
	Jarak Slope (m)	Stand. Dev.	
Nilai Max.	0.1015	0.0395	9.3799
Nilai Min.	-0.1914	-0.0025	0.0185
Rata-rata Absolut	0.0211	0.0022	1.0405

Tabel 3 menunjukkan bahwa selisih pada jarak *slope* yang diproses dengan data efemerik BE dan PE rata-rata sebesar 0.0211m. Apabila mengambil nilai rata-rata panjang *slope* sebesar 15070.0363m, maka rata-rata perubahan yang terjadi setara dengan 1.4ppm.

Gambar 3 menunjukkan perbedaan nilai panjang *slope* dari setiap jarak basis yang diproses dengan data BE dan PE dalam satuan meter. Sementara gambar 4 menunjukkan nilai panjang *slope* untuk setiap jarak basis. Pola grafik dari gambar 3 dan gambar 4 menunjukkan bahwa untuk kondisi penelitian ini, semakin panjang suatu jarak basis yang diukur **tidak selalu** menambah besarnya perbedaan nilai panjang *slope* akibat penggunaan data efemerik BE dan PE.

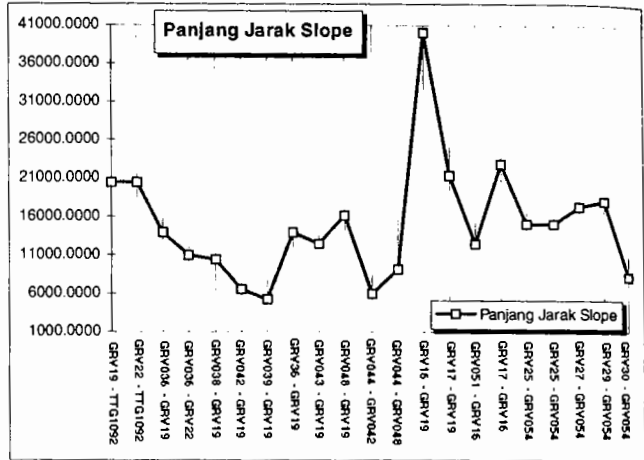


Gambar 3. Grafik selisih hasil jarak *slope* hasil proses data efemerik BE-PE

Hal dapat ini terjadi karena pengaruh kesalahan acak yang terjadi selama pengukuran lebih dominan (besar)

dibandingkan pengaruh kesalahan efemerik satelit. Terutama apabila dilihat dari jumlah observasi yang terlalu sedikit jumlahnya yang menandakan bahwa data observasi tidak baik.

Menurut spesifikasi teknis pengukuran orde-dua dari BPN, dinyatakan bahwa untuk suatu jarak basis yang diukur lebih dari satu kali, maka perbedaan yang terjadi pada hasil ukuran jarak basis yang >10km harus  $\leq 5\text{cm}$  untuk komponen horisontal (lintang, bujur), dan harus  $\leq 10\text{cm}$  untuk komponen tinggi (h). Sementara untuk jarak basis yang <10km harus  $\leq 3\text{cm}$  untuk komponen horisontal, dan  $\leq 6\text{cm}$  untuk tinggi.

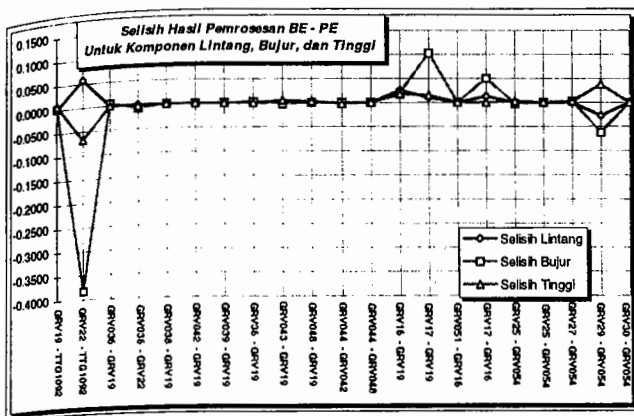


Gambar 4. Grafik panjang jarak *slope* untuk setiap jarak basis.

Tabel 4. Perbedaan hasil proses jarak basis akibat penggunaan data efemerik BE dan PE untuk komponen lintang, bujur, dan tinggi.

	d.Lintang (m)	S.Dev. (m)	d.Bujur (m)	S.Dev. (m)	d. h (m)
Nilai Maksimum	0.0574	0.0060	0.1028	0.0436	0.0384
Nilai Minimum	-0.0278	-0.0020	-0.3819	-0.0040	-0.0677
Rata Absolut	0.0069	0.0004	0.0308	0.0024	0.0080

Tabel 4 menunjukkan nilai perbedaan rata-rata absolut untuk posisi horisontal pada komponen lintang sebesar 0.69cm, dan bujur sebesar 3.08cm. Sementara untuk komponen tinggi terjadi perbedaan rata-rata absolut sebesar 0.8cm. Nilai perbedaan rata-rata pada kedua komponen masih lebih kecil dari nilai toleransi yang diperbolehkan, atau dengan kata lain perubahan yang terjadi masuk dalam toleransi pengukuran orde-dua, walaupun perbedaan nilai maksimum dan minimum dapat melebihi nilai tolerasnsi yang diperbolehkan.



Gambar 5. Grafik selisih hasil proses menggunakan data efemerik *BE-PE* untuk komponen jarak basis lintang, bujur, dan tinggi.

Gambar 5 menunjukkan bahwa selisih hasil pemrosesan jarak basis dengan data efemerik *BE* dan *PE* yang terbesar terjadi pada komponen bujur. Walaupun demikian secara umum perbedaan nilai yang terjadi masih berada di antara -5cm dan 5cm yaitu nilai yang merupakan toleransi spesifikasi orde-dua dari BPN.

## KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari ulasan hasil penelitian dalam bab sebelumnya adalah sebagai berikut :

1. Ditinjau dari spesifikasi teknis pekerjaan pengukuran TKN Orde-dua, maka besarnya perubahan antara pemakaian data efemerik biasa (*BE*) dan efemerik teliti (*PE*) dalam pemrosesan jarak basis masih dibawah toleransi. Secara mendetail perubahan nilai yang terjadi yaitu sebagai berikut :
  - a. Ada peningkatan kualitas ketelitian (presisi) apabila menggunakan data efemerik teliti yang ditandai dengan perubahan nilai simpangan baku rata-rata sebesar 0.4mm pada komponen lintang, dan 2.4mm pada bujur.
  - b. Perbedaan rata-rata absolut pada komponen d.Lintang = 0.69cm, d.Bujur = 3.08cm, dan d.Tinggi = 0.8cm.
  - c. Apabila melihat pada nilai jarak langsung (*slope*), terjadi perubahan sebesar 0.0211m (rata-rata absolut) dengan rata-rata panjang basis 15077.836m atau setara dengan 1.4ppm.
2. Pada kasus penelitian ini, semakin panjang jarak suatu basis ternyata tidak menyebabkan semakin besarnya perbedaan akibat penggunaan data efemerik *BE* dan *PE*. Hal ini terjadi karena pengaruh akibat kesalahan acak saat observasi nilainya lebih besar (dominan).

3. Pada hasil proses penentuan posisi absolut, pengaruh akibat penggunaan data efemerik *PE* terlihat lebih besar. Hal ini ditandai dengan perubahan pada nilai simpangan baku yang menjadi lebih baik sebesar 2.7mm untuk komponen horisontal, dan 5mm untuk komponen tinggi.

## Kemungkinan Pengembangan

Beberapa saran dan potensi yang dapat dilakukan untuk pemanfaatan dan pengembangan hasil penelitian ini :


1. Penggunaan data efemerik teliti (*PE*) untuk pekerjaan pengukuran jaring kontrol kadastral setingkat orde-dua TIDAK perlu dilakukan, walaupun ada sedikit peningkatan ketelitian hasil. Tetapi untuk pekerjaan yang membutuhkan ketelitian tinggi seperti studi deformasi, atau panjang jarak basis ratusan kilometer, maka penggunaan data efemerik *PE* akan sangat berguna untuk menambah ketelitian hasil.
2. Perlu diteliti lebih jauh untuk membandingkan tingkat ketelitian antara penggunaan teknik penentuan posisi absolut yang diproses dengan data efemerik *PE* dibandingkan dengan teknik pengukuran DGPS yang peralatannya relatif masih lebih mahal.
3. Data *PE* yang diperoleh dari internet ini perlu dicobakan pada beberapa *software* lainnya untuk mengetahui tingkat kompatibilitasnya. Terutama *software* GPS ilmiah seperti *BERNESE* agar diketahui secara pasti pengaruh penggunaan data *PE* ini.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Ir. Djawahir, M.Sc., selaku pembimbing yang telah membantu penyelesaian penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Beutler, G., 1996, "GPS Satellite Orbits", *GPS for Geodesy*, Springer-Verlag, Berlin.
- Goad, Clyde C., 1996, "Short Distance GPS Models", *GPS for Geodesy*, Springer-Verlag, Berlin
- Primabodo, 1995, *Studi Ketelitian Jaringan Kontrol GPS Hasil Post Processing Dengan Broadcast Ephemeris Dan Precise Ephemeris*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Geodesi FT-UGM, Yogyakarta.
- Rizos, C., 1992, "GPS Observation Equation", *Bandung GPS Training Workshop 1992*, Bandung.
- Rothacher, M. and Mervart, L., 1996, *Bernese GPS Software Version 4.0*, Astronomical Institute-University of Berne, Berne
- Seeber, G., 1993, *Satellite Geodesy*, de Gruyter, New York.

**Peta Indeks Untuk Peta Wisata Yogyakarta**Keterangan :  Lokasi Obyek hasil tracking dengan Handheld Lokasi Titik Kontrol Transformasi

- > Seluruh koordinat direferensikan pada elipsoid WGS'84
- > Koordinat ditampilkan dalam 2 sistem yaitu  
Lintang/Bujur (der, men, detik) dan  
Grid meter UTM zone 49S

**Peta Indeks**  
**Skala 1/50.000**
